心理科学进展　2023, Vol. 31, No. 12, 2263–2274
Advances in Psychological Science

https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2023.02263

·元分析(Meta-Analysis)·

# 想象策略能促进多媒体的学习么？元分析的视角*

杨九民[1]　章　仪[2]　杨荣华[1]　皮忠玲[3]

([1]华中师范大学人工智能教育学部，武汉　430079) ([2]北京师范大学未来教育学院，珠海　519087)
([3]陕西师范大学现代教学技术教育部重点实验室，西安　710062)

**摘　要**　想象策略，即要求学习者在脑海中生成学习的内容，是一种重要的学习策略，但它对学习是否具有积极的影响目前研究结论尚不一致。本研究采用元分析技术，以保持、理解、迁移、花费时间和认知负荷作为结果变量，探究想象策略对学习的影响，并通过将学习材料是否可见、想象策略使用时机和被试年龄段作为调节变量以探索想象策略的边界条件。通过文献筛选，最终选定了20篇论文，生成了65个效应量。结果发现，想象策略可以提高保持、理解和迁移的成绩，但对学习时间和认知负荷的影响不显著。调节效应分析发现：想象策略在一定程度上受到材料可见性的影响，在材料可见的情况下，想象策略对学习有积极的影响，但当材料不可见时，想象策略对学习有消极的影响。

**关键词**　想象策略，学习策略，认知负荷理论，生成性学习理论
**分类号**　B849: G44

## 1　引言

想象策略(Learning by Imagining)也被称为心理练习(Mental Practice)、心理模拟(Mental Simulation)或者是心理预演(Mental Rehearsing) (Clark, 1960)。想象策略早期被广泛应用在感知运动技能的训练中(Sackett, 1934)，例如要求学习者在脑海中完成有关运动的意象联想，如想象自己在羽毛球场是如何顺利地发球与挥拍。多项元分析表明想象策略对运动训练具有积极的影响，即使用了想象策略的学习者比没有使用想象策略的学习者能够更好地掌握相关运动技能，并且这种好处随着想象策略使用时长的增加而增加(Toth et al., 2020; van Meer & Theunissen, 2009)。此后，想象策略的应用慢慢转向认知领域，如多媒体学习。在多媒体学习中，多模态的信息会同时呈现，学习者需要整合视觉和言语信息，而想象策略能够很好地促进学习者将视觉和言语信息进行整合，因此研究者开始关注想象策略在认知层面是否同样具有积极影响。

与感知运动技能训练领域的研究结果相似，想象策略的有效性在多媒体学习领域也得到了诸多实证研究的支持(de Koning et al., 2020a, 2020b; Leopold & Mayer, 2015; Tindall-Ford & Sweller, 2006)。例如，Leahy 和 Sweller (2004)在有关等高线地图学习的实验中发现，想象策略组的学习成绩显著高于重复学习组(即控制组)。虽然该研究的结果支持了想象策略对学习成绩的积极作用，但也有研究得出了不同的结论(Cheng & Beal, 2020; Cooper et al., 2001; Lin et al., 2017)。例如，Cooper等人(2001，实验 3)在有关计算机电子表格应用的学习中发现，对比于学习组(即，学习者被告知“请尝试理解和记忆学习内容”)，使用了想象策略的学习者在迁移测试上表现更差。由此可见，关于想象策略对多媒体学习的影响的研究结论好坏参半，这可能是由不同实验环境中的操作方式、不同的学习材料设计或者被试的个体差异等造成的。

收稿日期：2022-09-28
* 国家自然科学基金面上项目“社会性交互对视频课程教与学影响的认知神经机制与应用研究” (项目编号：61877024)和国家自然科学青年项目“视频学习中学习者注意状态表征机制与监测方法研究” (项目编号：62007023)资助。
通信作者：皮忠玲, E-mail: pizl@snnu.edu.cn

## 2 文献综述

### 2.1 多媒体学习中的想象策略

多媒体学习是指学习者通过对学习内容的信息进行选择、组织和整合，完成对语词和画面知识的建构(Mayer, 2014)。想象策略是一种要求学习者在脑海中建构学习内容的生成性学习策略(Fiorella & Mayer, 2016)。在这个过程当中，学习者需要确定应当选择哪些信息以组成意象以及如何将这些信息组织和整合起来以呈现信息的结构和关系，形成有意义的图式。比如，当学习者学习有关“人类肝脏系统的运行机制”的材料时，他们需要想象肝脏系统的图像或者肝脏系统运行的流程。相比于其他生成性学习策略，想象策略更为常见，因为人们普遍认为，在将信息外化之前，我们需要先在脑海中对知识进行内化。故很多研究者认为，无论是自我解释策略(Self-explaining Strategy)还是绘画策略(Learning by Drawing)都包括了想象策略，因为在给自己解释或生成绘画前，学习者需要提前在脑海中对信息进行想象和建构(Chi et al., 1989)。

### 2.2 多媒体学习领域想象策略的理论解释

想象策略对多媒体学习的积极影响受到了生成性学习理论的支持。生成性学习理论(Generative Learning Theory)认为只有学习者主动参与到认知加工中，选择相关的信息，将其组织成为一个有逻辑的表征，并把这些知识整合到长期记忆中，学习者才能够获得有意义的学习(Fiorella & Mayer, 2016)。想象策略恰好能够满足以上三点，在进行想象策略的活动时，一需要选择相关的信息以构成想象的要素，二通过对要素进行联系、组合等构成相应图像，三将这些图像与先前知识经验结合，最终形成图式。

从生成性学习理论的角度来看，想象策略还有如下几个好处：第一，想象策略不需要依赖于其他技能，如绘图技能、动手操作技能等，因此想象策略更容易实施和被学习者所接受(Fiorella & Zhang, 2018)；第二，因为想象策略不需要外化，因此学习者能够更加关注学习本身。但也因此，想象策略也存在着如下缺点：第一，对比于其他可以外化的策略，想象策略要求学习者具有更高的动机，因为学习者是否使用了想象策略依赖学习者的自我监控；第二，想象策略的结果是无法外化的，学习者将所有需要加工的信息存储在认知容量中，一旦信息累加超过认知容量，将出现认知超载(Cromley et al., 2020)。

为此，认知负荷理论(Cognitive Load Theory)认为，想象策略只有在学习者具备了一定知识基础后才能发挥积极作用，否则是无效的(Sweller, 2012)。认知负荷理论认为当学习者被要求想象一个概念或者流程时，与之有关的要素需要先被加工到认知容量中，因其不可外化，故所有的要素在被加工结束之前都将存储在认知容量中，此时若无明确的教学指导帮助学生择取合适要素，这些要素将很快占尽认知资源，从而导致认知容量超载。Bandura (1977)提出，如果给学习者提供较少或者不提供适当的指导时，想象策略将对学习不再有积极的影响。

值得一提的是，尽管生成性学习理论和认知负荷理论对想象策略如何影响学习持有不同的观点，但这两种理论并不存在冲突，而是互补地揭示了想象策略对学习的影响过程(具体见图 1)。从生成性学习理论的角度出发，想象策略可以促进学习者对信息的选择、组织和整合过程，当这个过程没有超过学习者的认知负荷容量时，想象策

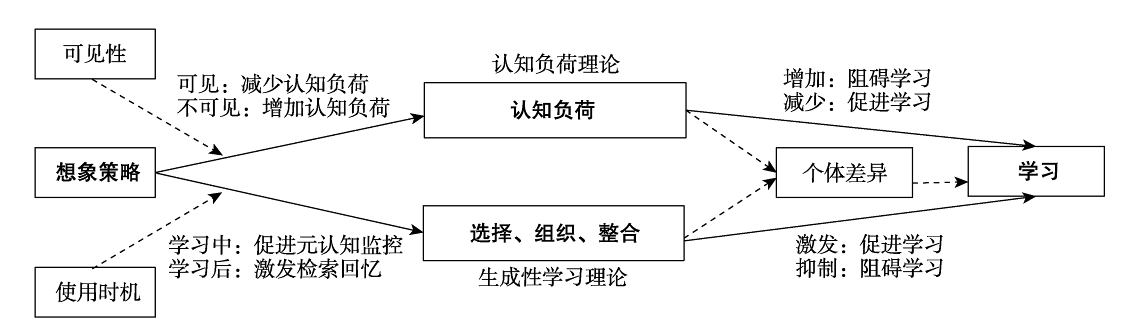



图 1 基于认知负荷理论和生成性学习理论的想象策略学习加工过程及调节变量的影响

略将促进学习; 而当这个过程导致了学习者的认知加工超载时, 想象策略将无法促进学习, 反而可能阻碍学习。这也就间接表明了想象策略的使用存在着边界条件, 即在不增加或者减少认知负荷的情况下, 尽量促进高质量生成性内容的产生。

### 2.3　想象策略对学习影响的实证探索

基于以上两种理论, 目前有关想象策略的实证研究主要呈现了两种不同的观点: 一种是基于生成性学习理论的角度, 认为想象策略对学习有积极的影响, 研究者们通过准实验方法证实, 学习者可以通过运用想象策略, 从而积极主动地选择、组织和整合学习材料, 最终提升了保持、理解和迁移成绩(de Koning et al., 2020b; Leopold & Mayer, 2015; Leopold et al., 2019; Schmidgall et al., 2019), 并且由于想象策略不需要外化, 因此可以节省学习时间(Cheng & Beal, 2020); 另一种观点则认为想象策略对学习无显著影响甚至会产生负面影响, 这种观点从认知负荷理论的角度出发。该理论认为, 如果使用想象策略时, 学习者没有能力完成想象策略要求生成的内容, 或者由于认知容量有限且无法外显化的学习内容持续占据工作记忆容量, 从而导致学习者认知负荷超载, 这样就会导致相比于被动学习组或者是其他学习策略组, 想象策略将不会促进学习, 甚至还可能阻碍学习, 这一观点亦有实证研究证实(Cheng & Beal, 2020; Cooper et al., 2001; Lin et al., 2017)。

关于想象策略对学习的影响结果不一致的可能原因之一是, 不同研究对想象策略的操纵方式不同, 从而影响了学习者的认知负荷和生成性学习过程。目前, 有关研究对想象策略的操纵方式主要有: 学习材料是否可见、想象策略使用的时机等。学习材料的可见性是指学习者在使用策略时是否被允许查看学习材料, 这通常被认为会影响学习者的认知负荷, 例如 Sibley 等人(2022)在有关解释策略的研究中发现, 相比于允许学习者查看学习材料, 不被允许查看学习材料会导致学习者报告更高的认知负荷并取得更低的学习成绩。从认知负荷理论的角度来看, 当学习者不被允许查看学习材料时, 他们通常需要先花费认知资源对学习材料内容进行检索和回忆, 这需要占据额外的认知资源。Lin 等人(2017)要求学习者学习完“人的心血管系统”后, 在不得阅读材料的情况下两分钟内对已经学习的内容进行想象, 最终结果发现控制组和想象组的学习者在理解成绩上没有显著差异; 而 Tindal-Ford 和 Sweller (2006)则要求学习者在学习“频率分布”内容时进行想象, 在想象过程中如果遇到问题可以随时查看学习材料, 他们发现, 相比于控制组, 使用想象策略的学习者取得了更高的迁移成绩。由此可见, 是否允许学习者在想象过程中查看学习材料, 可能会调节想象策略的有效性。遗憾的是, 目前尚无相关研究探讨材料是否可见对想象策略的调节影响。

使用时机是指策略是被要求在学习过程中使用还是在学习结束后使用, 这将影响策略对认知加工过程的影响, 例如, Lachner 等人(2020)发现相比于在学习结束后使用解释策略, 当要求学习者在学习过程中使用时, 学习者会更多地关注自己当前的学习状态, 产生更多与元认知相关的解释内容(例如, 哪些内容理解了、哪些内容没有理解)。根据生成性学习理论, 在学习过程中使用想象策略可以激发学习者的元认知监控进而影响认知加工, 即激发学习者的元认知, 促进他们对信息的选择、组织和整合; 而当想象策略发生在学习过程后, 要求学习者进行想象更像要求他们对学习内容进行回忆。例如, Cheng 和 Beal (2020)认为 Lin 等人(2017)研究中在学习结束之后使用的想象策略更像是一种检索提示, 即让学习者回忆所学信息, 而非鼓励学习者进行学习内容的生成和监控, 因为当学习者学习完大段的内容之后, 他们很可能没有额外的认知资源来组织和整合学习内容。为此, Cheng 和 Beal (2020)改进了 Lin 等人(2017)使用想象策略的时机, 将想象策略应用在学习过程中, 结果发现当学习者的空间认知能力较高时, 想象策略组的学习者比被动观看图片组的学习者取得了更高的迁移成绩。因此, 想象策略的使用时机很可能调节了想象策略对学习的有效性。

此外, 学习者个体差异也被认为是调节想象策略有效性的另外一个重要因素(Dunlosky et al., 2013; Leopold, 2022)。例如, Dunlosky 等人(2013)综述了 20 世纪发表的有关想象策略的多篇文章, 发现想象策略对于小学四、五年级的学习者有显著的积极影响, 而对于大学生并没有显著的积极影响。Leopold (2022)则通过元分析综述进一步证实了想象策略对于儿童和成年人的影响略有不同, 研究结果发现想象策略对儿童正面影响的效应量

($g_{保持}$ = 0.85; $g_{理解}$ = 0.75)略大于对成人的正面影响($g_{保持}$ = 0.66; $g_{理解}$ = 0.53)。但由于该研究更加关注在不同知识类型中想象策略的影响，因此进入每种知识类型对比的研究数量较少，故无法进行成人和儿童直接对比。因此，想象策略是否对不同群体的学习具有显著差异，尚不得而知。此外，我们还能从生成性学习理论和认知负荷理论的角度来解释，不同学习者群体(成人 vs.儿童)在认知加工过程、认知资源应用和策略习得是存在差异的，相比于成人，儿童的认知正处于发展过程中，想象力丰富，想象策略是一种有趣且自然的学习方式，儿童更多地被训练使用想象策略(Leopold, 2022)，因此，相比于其他学习策略(如总结策略)，他们对想象策略更为熟悉；而成年人则更倾向于使用文字或者语言表达，因此他们可能更熟悉总结策略等其他学习策略，而对于想象策略的使用更少，故当要求他们使用想象策略时，他们的动机较弱，也很可能产生与原有学习习惯不适应的情况。

总之，从理论或是实证研究的角度来看，想象策略对多媒体学习究竟是否有效，其结果应当受到多种因素的调节(见图 1)。元分析作为一种能够将具有相同研究目的且相互独立的多个研究结果进行综合评价和定量分析的研究方法，能够从整体的层面为研究者提供结论。鉴于此，本研究试图通过元分析的方法回答以下问题：

(1)与不使用想象策略相比，想象策略是否能够显著提升学习者的保持、理解和迁移成绩、减少学习时间和认知负荷？

(2)想象策略对学习的影响是否受到学习材料的可见性、策略使用时机和学习者的个体特征调节？

## 3　研究方法

### 3.1　文献检索与筛选

为了尽可能全面地搜索到多媒体学习中有关想象策略的文章，本文分别在 Springer、ERIC、Science Direct、Web of Science、Google Scholar 等英文数据库和中国知网(CNKI)、维普、万方数据库等中文数据库展开了搜索。检索关键词的选取主要基于以往有关多媒体学习中的想象策略标题、摘要和关键词，英文关键词有“Learning by Imagining” “Mental Imagery” “Imagination” “Imagery” “Generative learning strategy”，中文关键词有“想象策略” “学习策略”。由于多媒体学习中的想象策略最早于 Cooper 等人(2001)的研究中展开，因此检索文献从 2001 年开始，时间跨度为 2001 年 1 月到 2021 年 1 月，也就是近 20 年。文章主要是对比想象策略与非想象策略(阅读、重复学习、绘画、自解释等)的差异，因变量包括学习成绩(保持、理解和迁移)、学习时间、认知负荷。对于想象策略的界定，考虑到想象策略无法外显化，其通常容易被包含在其他策略(如绘图策略)中，但本研究只关注想象策略的内隐思维活动，因此如有外化行为，例如出现了外化的绘图或者口头表达等，则此类不被编码到想象策略中。此外，如研究非实证研究，或者不包含以上三种类型的因变量，或没有可以纳入元分析的数据(如样本量、均值、标准差等)则均被排除在外。由于部分实验包含多种非想象策略的条件，为避免单个实验生成过多效应量而占用权重，从而导致结果偏差，研究对非想象策略的多个组进行了合并处理后再进行元分析。因此，20 篇文献被纳入分析，共 65 个效应量(图 2)。分析软件采用 CMA 3.0。本研究采用的效应值为 Hedges's *g*，因为该值可以对偏差进行矫正(Borenstein et al., 2009)。考虑到研究的推广性，本研究中的效果量分析采用随机效应模型进行。此外，本研究通过 $I^2$, *p* 值和 *Q* 值考察研究结果的异质性(也可称之为同质性检验)，如果 *Q* 值显著表示拒绝接受研究同质性的零假设，即多个研究间存在统计学上的差异，研究结果不一致(Borenstein et al., 2021)。若出现了异质性则表示可能存在调节变量导致研究结果出现统计学上的差异。

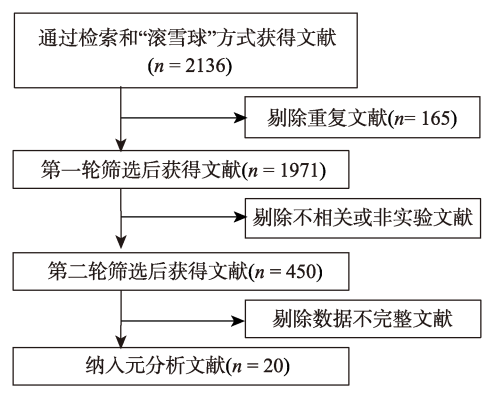



图 2　文献检索与筛选流程

### 3.2　文献编码

综合以往的研究发现，研究者们主要从三个方面来考察想象策略对学习效果的影响，分别是：学习成绩(保持、理解和迁移)，花费时间和认知负荷。在调节变量上，本研究编码：学习材料是否可见、想象策略的使用时机和被试群体。其中在学习材料是否可见上，由于存在部分研究没有明确说明，因此被编码为“未明确”。本文尽可能地统计了相关实证研究的效应量，并计算出效应量(Effect Size)。具体编码见表 1。

**表 1　纳入想象策略元分析的文献及基本信息**

| 研究者 | 被试群体 | 样本量 | 材料是否可见 | 使用时机 | 因变量 | *g* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Glenberg, et al., 2004 | 儿童 | 25 | 是 | 中 | 保持 | 1.16 |
| Leahy & Sweller, 2004, Exp. 1 | 儿童 | 24 | 是 | 中 | 迁移 | 0.87 |
| Leahy & Sweller, 2004, Exp. 2 | 儿童 | 32 | 是 | 中 | 迁移 | 1.07 |
| Leutner et al., 2009 | 儿童 | 111 | 是 | 中 | 理解 | 0.19 |
| | | | | | 认知负荷 | 0.45 |
| Scheiter et al., 2006 | 成人 | 123 | 是 | 中 | 理解 | 0.34 |
| | | | | | 迁移 | 0.11 |
| | | | | | 时间 | –0.42 |
| Leopold et al., 2019, Exp. 1 | 成人 | 81 | 是 | 中 | 迁移 | 0.96 |
| | | | | | 保持 | 0.67 |
| Leopold et al., 2019, Exp. 2 | 成人 | 75 | 是 | 中 | 迁移 | 0.29 |
| | | | | | 保持 | 0.68 |
| Schmidgall et al., 2019 EXP. 2 | 成人 | 104 | 是 | 中 | 保持 | 0.18 |
| | | | | | 迁移 | –0.02 |
| | | | | | 时间 | –1.56 |
| | 成人 | 100 | 是 | 中 | 保持 | 0.16 |
| | | | | | 迁移 | 0.17 |
| | | | | | 时间 | 1.77 |
| de Koning et al., 2020a | 成人 | 92 | 是 | 中 | 保持 | 0.47 |
| | | | | | 理解 | 0.26 |
| | | | | | 迁移 | 0.08 |
| | | | | | 认知负荷 | 0.03 |
| de Koning et al., 2020b | 成人 | 87 | 是 | 中 | 保持 | 0.35 |
| | | | | | 理解 | 0.69 |
| | | | | | 迁移 | –0.18 |
| | | | | | 认知负荷 | 0.25 |
| Cooper et al., 2001, Exp. 1 | 儿童 | 28 | 是 | 后 | 迁移 | 0.63 |
| Cooper et al., 2001, Exp. 2 | 儿童 | 20 | 是 | 后 | 迁移 | 1.41 |
| Cooper et al., 2001, Exp. 3 | 儿童 | 22 | 是 | 后 | 迁移 | –1.08 |
| Cooper et al., 2001, Exp. 4 | 儿童 | 36 | 是 | 后 | 迁移 | 0.90 |
| | | | | | 迁移 | –0.94 |
| | | | | | 时间 | 0.40 |
| Tindal-Ford & Sweller, 2006 | 儿童 | 22 | 是 | 后 | 迁移 | 1.49 |
| | | | | | 迁移 | 0.12 |

续表

| 研究者 | 被试群体 | 样本量 | 材料是否可见 | 使用时机 | 因变量 | $g$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huang & Mayer, 2019 | 成人 | 142 | 是 | 后 | 保持 | 0.38 |
| | | | | | 迁移 | 0.42 |
| Ignatova et al., 2020, Exp. 1 | 成人 | 44 | 是 | 后 | 迁移 | 0.80 |
| Ignatova et al., 2020, Exp. 2 | 成人 | 60 | 是 | 后 | 迁移 | 1.03 |
| | | | | | 认知负荷 | –0.52 |
| Leahy & Sweller, 2005, Exp. 1 | 成人 | 30 | 否 | 中 | 迁移 | 0.80 |
| Leahy & Sweller, 2005, Exp. 2 | 成人 | 30 | 否 | 中 | 迁移 | 0.48 |
| | | | | | 迁移 | 0.82 |
| Leahy & Sweller, 2008 | 成人 | 30 | 否 | 中 | 迁移 | 0.51 |
| Wang et al., 2022, Exp. 1 | 成人 | 93 | 否 | 中 | 迁移 | 0.35 |
| | | | | | 认知负荷 | –1.55 |
| Wang et al., 2022, Exp. 2 | 儿童 | 90 | 否 | 中 | 迁移 | 1.25 |
| | | | | | 认知负荷 | –0.92 |
| 徐珂, 2020 | 儿童 | 120 | 否 | 后 | 保持 | –0.26 |
| | | | | | 迁移 | –0.36 |
| | | | | | 认知负荷 | 0.01 |
| Leopold & Mayer, 2015, Exp. 1 | 成人 | 85 | 未明确 | 中 | 认知负荷 | 0.00 |
| | | | | | 迁移 | 0.75 |
| | | | | | 保持 | 0.77 |
| | | | | | 时间 | 0.79 |
| Leopold & Mayer, 2015, Exp. 2 | 成人 | 48 | 未明确 | 中 | 迁移 | 0.83 |
| | | | | | 保持 | 0.97 |
| | | | | | 认知负荷 | 0.46 |
| | | | | | 时间 | 0.85 |
| Ploetzner & Fillisch, 2017 | 成人 | 52 | 未明确 | 中 | 理解 | 0.16 |
| Cheng & Beal, 2020 | 成人 | 82 | 未明确 | 中 | 保持 | –0.10 |
| | | | | | 迁移 | 0.01 |
| | | | | | 时间 | –1.02 |
| | | | | | 认知负荷 | 0.24 |
| Lin et al., 2017 | 成人 | 63 | 未明确 | 后 | 理解 | 0.00 |
| | | | | | 认知负荷 | 0.60 |
| | | | | | 时间 | 0.65 |

注：被试群体：儿童为 18 岁以下被试，成人为 18 岁以上被试；材料是否可见：是，表示在使用想象策略时，学习者可以阅读材料；否，表示在使用想象策略时，学习者不可以看到学习材料；未明确，表示研究没有明确表示材料是否可见；时机：中，表示学习者被要求在学习材料时，进行想象；后，表示学习者被要求学习者学习完材料后，进行想象。特别注意，出现材料不可见但是在学习过程中使用学习策略的组合，是因为有些研究要求学习者在想象时不可查看学习材料。

## 4 数据分析与结果

### 4.1 发表偏差检验

为保证元分析结果的科学和准确性，本研究在进行所有分析之前首先进行了发表偏差检验。首先，漏斗图结果显示，有关想象的研究文献效应值较为对称地分布在总效应值左右两侧，初步证明无显著的发表偏差。其次研究采用采用失安

全系数(Rosenthal’s Nfs)检验发表偏差，失安全系数为 704，大于 335 (5×65+10)，再次证明无显著的发表偏差。最后，Egger’s 检验结果显示：$t = 1.78 < 1.96$, $p = 0.080 > 0.05$，进一步证明不存在发表偏差，基于此研究样本得到的结果是科学和准确的。

### 4.2　与不使用想象策略相比，想象策略是否能够显著提升学习者的保持、理解和迁移，减少学习时间并降低认知负荷

保持测验通常是考察学习者对知识的记忆程度。大部分研究表明想象策略有助于学习者对知识的记忆(de Koning et al., 2020a, 2020b; Huang & Mayer, 2019; Leopold & Mayer, 2015; Leopold et al., 2019; Schmidgall et al., 2019)。例如 de Koning 等人(2020a)在电路学习材料中检验想象策略(Mental Strategy，即要求学习者想象开关在电路中的影响)的效果，发现对比于物理策略(Physical Strategy，即可以将开关名称拖拽到电路中)组，无论是分散还是整合设计的材料，使用想象策略组的学习者能够回忆更多的电路中开关和排列的知识。但是，另外一些研究结果没有支持想象策略在保持测验上的积极效果。例如，Cheng 和 Beal 等人(2020)在人体呼吸系统材料中检验想象策略的效果，发现对比于使用绘画或观看含有图片材料的组，使用想象策略组的学习者在保持测验的表现上没有显著差异，高空间能力的学习者记忆的学习内容反而显著少于控制组。本文计算得出，想象策略在保持测验上产生的效应量中值为 $g = 0.40$ ($p < 0.001$)。

理解测验是检验学习者对学习材料中重要概念的理解效果(Schmeck et al., 2014)。一些研究发现，想象策略能够使学习者对学习内容产生较深层次的理解(de Koning et al., 2020a, 2020b)。例如，de Koning 等人(2020b)发现，无论学习材料是分散还是整合在一起的，接受想象策略组的学习者都比接受物理策略组的学习者在理解电路的开关逻辑上表现得更好。然而也有研究发现，想象策略并不能使学习者对学习内容产生更深的理解，例如 Lin 等人(2017)发现，在学习有关于心脏是如何运动的文本材料时，采用想象策略的学习者在理解得分上与控制组并无显著差别。本文计算得出，想象策略在理解测验上产生的效应量中值为 $g = 0.27$ ($p = 0.003$)。

迁移测试是用于考察学生将所学知识运用到新情境中的能力。部分研究发现，想象策略能够有助于学习者对知识的迁移(Cheng & Beal, 2020; Cooper et al., 2001; Huang & Mayer, 2019; Leahy & Sweller, 2005, 2008)，但这种积极作用与学习材料的设计和学习者的个性特征有关。例如 Leopold 等人(2019)在人类血液循环系统工作中检验想象策略的作用，他们的第一个研究发现，无论是指导学习者采用第一人称还是第三人称角度进行想象，想象组的学生都能比控制组的学生更好地将知识进行迁移应用。如在回答“如果心脏右侧的房室瓣向两个方向打开会发生什么”的问题时，想象组会表现更好。然而，在他们的第二个研究中，这种想象的优势仅仅在提供第一人称视角的时候出现，即如果是让学习者使用第三人称视角进行想象，学习者的迁移成绩与控制组并无差异。同时，Cooper 等人(2001)发现学习者经验会调节想象策略对学习者迁移表现的影响，具体表现为想象策略能够对高经验学习者产生积极的影响，而对低经验学习者产生消极的影响。本文计算得出，想象策略在迁移测验上产生的效应量中值为 $g = 0.43$ ($p < 0.001$)。

在学习时间上，部分研究发现，在学习时间上，想象策略组对比于绘画策略(Cheng & Beal, 2020)、观察策略组(Leopold & Mayer, 2015)花费更少的时间完成学习任务。本文计算得出，想象策略在学习材料的加工时间上产生的效应量为 $g = –0.27$ ($p = 0.476$)，也就是说使用想象策略与否对学习者在学习任务上花费的时间不存在显著差异。

在认知负荷上，本文计算得出，想象策略在认知负荷上产生的效应中值为 $g = –0.09$ ($p = 0.652$)，也就是说，使用想象策略的学习者没有报告更高或者是更低的认知负荷。

### 4.3　异质性检验

对所有因变量进行异质性检验，结果表明除“理解”变量外，其余变量的 Q 检验均显著(具体见表 2)。这表明除“理解”变量之外，其他结果变量的效应量是异质性的。这意味着可能存在其他调节变量的影响，导致研究结果存在异质性，故接下来进行调节效应检验。考虑到理解和学习时间变量的研究个数相对较少，故不考虑进行进一步的调节分析。

**表 2 想象策略对保持、理解、迁移、学习时间和认知负荷的主效应及异质性检验结果**

| 结果变量 | *k* | *n* | Hedges's *g* | 95% CI | 异质性 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | *Q* | *p* | $I^2$ |
| 保持 | 12 | 1041 | $0.40^{****}$ | 0.19, 0.61 | 27.41 | 0.004 | 59.87 |
| 理解 | 6 | 525 | $0.27^{**}$ | 0.09, 0.45 | 4.30 | 0.51 | 0.000 |
| 迁移 | 28 | 1758 | $0.43^{***}$ | 0.23, 0.63 | 104.92 | <0.001 | 74.27 |
| 学习时间 | 8 | 642 | –0.27 | –1.01, 0.47 | 123.06 | <0.001 | 94.31 |
| 认知负荷 | 11 | 928 | –0.09 | –0.44, 0.33 | 73.45 | <0.001 | 86.38 |

### 4.4 调节效应检验

研究主要就学习材料是否可见、想象策略使用时机和被试群体三种变量是否对想象策略起到了调节作用进行了详细分析。研究结果显示(见表3)，在保持成绩上，学习材料的可见性显著调节了想象策略的作用，且学习材料可见($g$ = 0.42)显著高于学习材料不可见的情况($g$ = –0.26)。其他变量未见调节作用。在迁移成绩和认知负荷上，未见三种变量的显著调节作用。

## 5 总结与展望

### 5.1 总结

通过整理研究者们在多媒体学习领域对想象策略的研究，本研究发现想象策略对学习者的保持、理解、迁移、花费时间和认知负荷都有一定的影响。具体而言，元分析的结果显示，想象策略对提高学习成绩是有益的($g_{\text{保持}}$ = 0.40, $g_{\text{理解}}$ = 0.27, $g_{\text{迁移}}$ = 0.44)，即在保持、理解和迁移测验上

**表 3 想象策略的调节效应检验(随机效应模型)**

| 结果变量 | 调节变量 | | *k* | *g* | 95% CI | 异质性 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $Q_B$ | *p* |
| 保持 | 材料可见性 | 可见 | 8 | 0.42 | [0.25, 0.58] | 9.25 | 0.010 |
| | | 不可见 | 1 | –0.26 | [–0.67, 0.16] | | |
| | | 未明确 | 3 | 0.53 | [–0.13, 1.19] | | |
| | 时机 | 中 | 10 | 0.47 | [0.25, 0.69] | 1.34 | 0.246 |
| | | 后 | 2 | 0.08 | [–0.56, 0.70] | | |
| | 年龄段 | 儿童 | 1 | 1.16 | [0.26, 2.06] | 2.82 | .093 |
| | | 成人 | 11 | 0.36 | [0.16, 0.57] | | |
| 迁移 | 材料可见性 | 可见 | 19 | 0.40 | [0.15, 0.65] | 0.21 | 0.899 |
| | | 不可见 | 6 | 0.49 | [–0.03, 1.08] | | |
| | | 未明确 | 3 | 0.52 | [–0.02, 1.05] | | |
| | 时机 | 中 | 19 | 0.50 | [0.28, 0.66] | 0.74 | 0.391 |
| | | 后 | 9 | 0.26 | [–0.26, 0.77] | | |
| | 年龄段 | 儿童 | 13 | 0.49 | [0.11, 0.88] | 0.20 | 0.654 |
| | | 成人 | 15 | 0.39 | [0.15, 0.63] | | |
| 认知负荷 | 材料可见性 | 可见 | 4 | 0.07 | [–0.32, 0.47] | 5.77 | 0.056 |
| | | 不可见 | 3 | –0.82 | [–1.73, 0.09] | | |
| | | 未说明 | 4 | 0.30 | [0.04, 0.56] | | |
| | 时机 | 中 | 9 | –0.17 | [–0.62, 0.27] | 1.46 | 0.227 |
| | | 后 | 2 | 0.28 | [–0.30, 0.86] | | |
| | 年龄段 | 儿童 | 2 | –0.55 | [–2.53, 1.43] | 0.30 | 0.586 |
| | | 成人 | 9 | 0.01 | [–0.30, 0.31] | | |

有小到中等的效应量。但在学习时间和认知负荷上，是否使用想象策略，学习者报告的学习时间和认知负荷不存在显著的差异。这个结果证实了生成性学习理论的假设，即学习者在使用想象策略的过程中能够积极地对信息进行选择、组织和整合，最终提高学习成绩(Fiorella & Mayer, 2016)。

此外，调节效应分析的结果显示，仅有学习材料可见性调节了想象策略对保持成绩的影响，具体表现为当学习材料可见时，想象策略对学习呈现积极的影响，而当学习材料不可见时，想象策略反而会对学习呈现消极的影响。我们可以用认知负荷理论解释这一结果，当学习材料不可见时，学习者需要花费更多的认知资源用于回忆和检索，很容易造成认知超载，故而无法促进学习，甚至对学习产生消极的影响。本研究没有发现使用时机和被试群体(成人 vs.儿童)的调节效应。可能的解释是，时机的作用可能还受到其他的一些因素的影响，如生成内容的质量。例如，Lachner 等人(2020)研究发现在使用解释策略时，在学习过程中使用会导致学习者产生更多的元认知监控从而提升成绩。而由于目前有关想象策略的研究较少评估生成性的内容，如想象内容的质量，因此本研究没有记录此类数据，故而无法推断时机是否能够影响想象策略对学习过程和结果的影响。在被试群体上，由于近年来相关研究对想象策略在成人被试中的影响关注逐渐增加(成人研究 14 个，儿童研究 6 个)，有关儿童群体被试的研究相对较少(Leopold, 2022)，这种研究不均衡的状态尚未能较为系统地揭示想象策略的年龄差异。

### 5.2　不足与展望

本研究中存在的几个不足也将限制研究结论在教育研究中的应用：(1)没有设置更为细致的标准基线，仅比较了使用和不使用想象策略，其中作为基线组的“不使用”想象策略，往往还包括被动学习策略、其他生成性学习策略等，如果能够细化基线，将能够更好地揭示相比于其他学习方式想象策略是如何影响学习的，但本研究纳入的样本量相对较少，如若细化基线则每组研究数量更少，可能无法保证后续的调节变量分析，未来研究可以拓展文献涉及年限，增加进入元分析的研究数量，进一步深入分析；(2)参与元分析的文献数量较少，调节效应分析的结论还有待后续实证研究展开深入探讨。

应用想象策略无论是对运动技能还是认知习得都有很大的促进作用，然而如何将想象策略的效用发挥最大面临着诸多问题，比如材料的设计、想象策略的操纵等，且其对学习者认知的作用和影响机制尚不明确，未来研究仍需进一步探索和挖掘。目前对于想象策略的研究还存在着很大的探索空间，未来研究可以关注以下几个方面。

第一，关注影响想象策略的边界条件，细化使用想象策略的情境。前文提出了想象策略的效果受到诸多边界条件的影响，比如学习者的个体差异(Cheng & Beal, 2020)，学习材料的设计等，但除此之外还有很多其他的变量会对想象策略产生影响，如学习者的动机、情绪、注意程度、走神倾向、元认知应用和策略的使用时机等，这些潜在的影响因素是否以及如何调节想象策略对学习的影响仍需要更深入的探究分析。值得注意的是，尽管研究认为在多模态形势下，想象策略的优势更加明显(Tindall-Ford & Sweller, 2006)，但目前大部分的研究仍停留在文本学习中，随着视频、VR、AR 等技术在教育中的不断应用，未来的研究可以比较在不同媒介支持下想象策略对学习的影响差异。

第二，关注想象策略的神经基础和行为规律。以往的研究多关注学习的结果，即学习成绩等，而忽略了想象策略对学习过程的影响。想象策略不同于其他有外化的内容可供考察的策略(如绘图策略)，其生成的内部表征通常不可见。研究者很难推断想象策略是如何影响学习，我们甚至对想象是否发生都不可知。脑电、眼动技术的发展为此带来曙光，这些技术可以帮助研究者更准确和清楚的了解在想象策略中学习者是如何进行信息加工、组织和整合，以及在何种情况下出现认知超载，认知超载后，学习者又是如何调节的。例如 Watanabe 等人(2020)发现无论是否将想象的语言外化，他们的神经震荡都是同步的，因此未来研究可以将想象策略外化内容的神经震荡作为基准，检查学习者进行想象策略时的神经震荡，以检验学习者是否有完成想象，或探究想象策略与其他外化策略的差别。在多媒体学习上，目前仅有一项研究通过眼动技术来探索想象策略对学习者认知注意的影响(Lin et al., 2017)。未来研究可以多借鉴此类方法，挖掘学习者在进行想象活动过程中的生理数据，深入探究想象策略对

学习过程的影响机制。

此外，学习者在想象过程中的行为同样值得探究，例如有研究探究了在采用想象策略过程中学习者的手势对学习的影响，Eielts 等人(2020)发现对比于在想象过程中没有使用手势，伴想象的手势能够帮助视觉认知容量较低的学习者完成复杂的学习任务，但不能帮助那些空间认知容量较低的学习者，想象策略对于高视觉认知容量和高空间认知容量的学习者同样无效。因此，未来的研究可以探究学习者在使用想象策略过程中，使用不同类型的手势对完成学习任务的影响。也可以探究学习者在使用想象策略时，他们的哪些行为会伴随想象发生，伴随发生的意义和价值是什么。

第三，关注想象策略的生态效应。目前有关研究主要是在实验室环境中进行，这与常规教学环境不同，在实验环境中，学习者往往通过一小时左右的学习，立即进行学习结果测量。而在真实的教学环境中，学习的内容往往不是立即进行测量，因此有研究者提出未来的研究应该更加关注想象策略的延迟测试影响(Schmidgall et al., 2019)，以判断想象策略带来的好处是否仅仅是因为策略实施带来的短时间记忆效应。此外，在真实的环境中，学习者往往不会像在实验室环境中全神贯注地投入(Pouw et al., 2018)，这种环境改变很可能带来松懈，从而导致一定的走神倾向，这是真实的学习活动中常见的现象。因此未来研究可以考虑在真实的环境中进行想象策略的操纵，较为全面地查看想象策略是如何影响学习者学习，可能受到哪些因素的影响。

综上所述，我们发现了在多媒体学习中应用想象策略的好处，在未来的教学中，教育者们应当鼓励学习者采用想象策略以进行学习。

## 参考文献


(带*的为纳入元分析的文献)

*徐珂. (2020). *学习策略对教学视频学习的影响* (硕士学位论文). 华中师范大学, 武汉.

Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, *84*(2), 191–215.

Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2009). Introduction to meta-analysis. Chichester, UK: Wiley.

Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2021). Introduction to meta-analysis. Chichester, UK: John Wiley & Sons.

*Cheng, L., & Beal, C. R. (2020). Effects of student- generated drawing and imagination on science text reading in a computer-based learning environment. *Educational Technology Research Development*, *68*, 225–247.

Chi, M. T., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, *13*(2), 145–182.

Clark, L. V. (1960). Effect of mental practice on the development of a certain motor skill. *Research Quarterly of the American Association for Health, Physical Education, & Recreation*, *31*, 560–569.

*Cooper, G., Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (2001). Learning by imagining. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *7*(1), 68–82.

Cromley, J. G., Du, Y., & Dane, A. P. (2020). Drawing-to-Learn: Does meta-analysis show differences between technology-based drawing and paper-and-pencil drawing. *Journal of Science Education and Technology*, *29*(2), 216–229.

*de Koning, B. B., Rop, G., & Pass, F. (2020a). Effects of spatial distance on the effectiveness of mental and physical integration strategies in learning from split-attention examples. *Computers in Human Behavior*, *110*, 106379.

*de Koning, B. B., Rop, G., & Pass, F. (2020b). Learning from split-attention materials: Effects of teaching physical and mental learning strategies. *Contemporary Educational Psychology*, *61*, 101873.

Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving students’ learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public interest*, *14*(1), 4–58.

Eielts, C., Pouw, W., Ouwehand, K., van Gog, T., Zwaan, R. A., & Paas, F. (2020). Co-thought gesturing supports more complex problem solving in subjects with lower visual working-memory capacity. *Psychological Research*, *84*, 502–513.

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2016). Eight ways to promote generative learning. *Educational Psychology Review*, *28*(4), 717–741.

Fiorella, L., & Zhang, Q. (2018). Drawing boundary conditions for learning by drawing. *Educational Psychology Review*, *30*(3), 1115–1137.

*Glenberg, A. M., Gutierrez, T., Levin, J. R., Japuntich, S., & Kaschak, M. P. (2004). Activity and imagined activity can enhance young children's reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, *96*(3), 424–436.

*Huang, X., & Mayer, R. E. (2019). Adding self-efficacy features to an online statistics lesson. *Journal of Educational Computing Research*, *57*(4), 1003–1037.

*Ignatova, O., Kalyuga, S., & Sweller, J. (2020). The imagination effect when using textual or diagrammatic material to learn a second language. *Language Teaching Research*, *27*(4), 995–1015.

Lachner, A., Backfisch, I., Hoogerheide, V., van Gog, T., & Renkl, A. (2020). Timing matters! Explaining between study phases enhances students' learning. *Journal of Educational Psychology, 112*(4), 841–853.

*Leahy, W., & Sweller, J. (2004). Cognitive load and the imagination effect. *Apply Cognitive Psychology*, *18*(7), 857–875.

*Leahy, W., & Sweller, J. (2005). Interactions among the imagination, expertise reversal, and element interactivity effects. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *11*(4), 266–276.

*Leahy, W., & Sweller, J. (2008). The imagination effect increases with an increased intrinsic cognitive load. *Applied Cognitive Psychology*, *22*(2), 273–283.

Leopold, C. (2022). The Imagination Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Eds.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (3rd ed., pp. 370–380). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

*Leopold, C., & Mayer, R. E. (2015). An imagination effect in learning from scientific text. *Journal of Educational Psychology*, *107*(1), 47–63.

*Leopold, C., Mayer, R. E., & Dutke, S. (2019). The power of imagination and perspective in learning from science text. *Journal of Educational Psychology*, *111*(5), 793–808.

*Leutner, D., Leopold, C., & Sumfleth, E. (2009). Cognitive load and science text comprehension: Effects of drawing and mentally imagining text content. *Computers in Human Behavior*, *25*(2), 284–289.

*Lin, L., Lee, C. H., Kalyuga, S., Wang, Y., Guan, S., & Wu, H. (2017). The effect of learner-generated drawing and imagination in comprehending a science text. *The Journal of Experimental Education*, *85*(1), 142–154.

Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press.

*Ploetzner, R., & Fillisch, B. (2017). Not the silver bullet: Learner-generated drawings make it difficult to understand broader spatiotemporal structures in complex animations. *Learning and Instruction*, *47*, 13–24.

Pouw, W., van Gog, T., Zwaan, R. A., Agostinho, S., & Paas, F. (2018). Co-thought gestures in children's mental problem solving: Prevalence and effects on subsequent performance. *Applied Cognitive Psychology*, *32*(1), 66–80.

Sackett, R. S. (1934). The influence of symbolic rehearsal upon the retention of a maze habit. *Journal of General Psychology*, *10*, 376–398.

*Scheiter, K., Gerjets, P., & Catrambone, R. (2006). Making the abstract concrete: Visualizing mathematical solution procedures. *Computers in Human Behavior*, *22*(1), 9–25.

Schmeck, A., Mayer, R. E., Opfermann, M., Pfeiffer, V., & Leutner, D. (2014). Drawing pictures during learning from scientific text: Testing the generative drawing effect and the prognostic drawing effect. *Contemporary Educational Psychology*, *39*(4), 275–286.

*Schmidgall, S. P., Eitel, A., & Scheiter, K. (2019). Why do learners who draw perform well? Investigating the role of visualization, generation and externalization in learner-generated drawing. *Learning and Instruction*, *60*, 138–153.

Sibley, L., Fiorella, L., & Lachner, A. (2022). It's better when I see it: Students benefit more from open‐book than closed-book teaching. *Applied Cognitive Psychology*, *36*(6), 1347–1355.

Sweller, J. (2012). Human cognitive architecture: Why some instructional procedures work and others do not. In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, C. B. McCormick, G. M. Sinatra, & J. Sweller (Eds.), *APA educational psychology handbook: Vol. 1: Theories, constructs, and critical issues* (pp. 295–325). American Psychological Association.

*Tindall-Ford, S., & Sweller, J. (2006). Altering the modality of instructions to facilitate imagination: Interactions between the modality and imagination effects. *Instructional Science*, *34*(4), 343–365.

Toth, A. J., McNeil, E., Hayes, K, Moran, A. P., & Campbell, M. (2020). Does mental practice still enhance performance? A 24 Year follow-up and meta-analytic replication and extension. *Psychology of Sport and Exercise*, *48*, 101672.

van Meer, J. P., & Theunissen, N. C. M. (2009). Prospective educational applications of mental simulation: A meta-review. *Educational Psychology Review*, *21*(2), 93–112.

*Wang, B., Ginns, P., & Mockler, N. (2022). Sequencing Tracing with Imagination. *Education Psychology Review*, *34*, 421–449.

Watanabe, H., Tanaka, H., Sakti, S., & Nakamura, S. (2020). Synchronization between overt speech envelope and EEG oscillations during imagined speech. *Neuroscience Research*, *153*, 48–55.

# A meta-analysis of the effects of imagination strategy on multimedia learning

YANG Jiumin[1], ZHANG Yi[2], YANG Ronghua[1], PI Zhongling[3]

([1] *Faculty of Artificial Intelligence in Education, Central China Normal University, Wuhan* 430079, *China*)

([2] *College of Education for the Future, Beijing Normal University, ZhuHai* 519087, *China*)

([3] *Key Laboratory of Modern Teaching Technology (Ministry of Education), Shaanxi Normal University, Xian* 710062, *China*)

**Abstract:** Learning by imagining, which refers to learners forming mental images corresponding to learning materials in their minds, is an important learning strategy. But whether the imagination strategy positively impacts multimedia learning has yet to be consistent. In this study, we conducted a meta-analysis to explore whether the imagination strategy can affect learning performance, time spent, and cognitive load. Moreover, we further explored several moderators (i.e., learning material visibility, timing of imagination strategy, and learner's age) that may have contributed to the boundary conditions of the imagination strategy. We found 20 articles met the inclusion criteria and generated 65 effect sizes. The results of the meta-analysis indicated that the imagination strategy could facilitate learning performance (i.e., retention, comprehension, and transfer). But it had no significant effect on learning time and cognitive load. Furthermore, moderator analysis found that the learning material visibility moderated the impact of imagination strategy. When the material was visible, the imagination strategy could positively impact learning. But when the material was not visible, the imagination strategy had a negative impact on learning.

**Keywords:** learning by imagining, learning strategy, cognitive load theory, generative learning theory